

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-134069

(43)Date of publication of application : 23.05.1995

(51)Int.Cl.

G01J 5/10  
H01L 21/205  
H01L 21/66

(21)Application number : 05-281249

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 10.11.1993

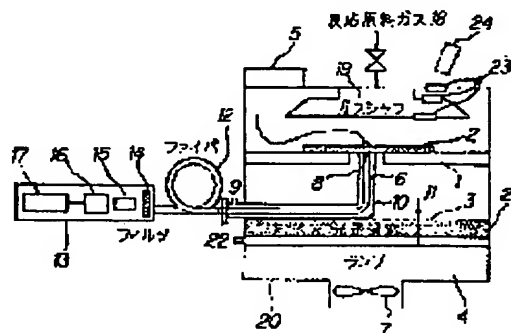
(72)Inventor : CHIBA NATSUYO  
NISHITANI EISUKE  
UCHIDA NORIHIRO  
KOBAYASHI HIDE  
WATANABE TOMOJI

## (54) METHOD FOR MONITORING TEMPERATURE OF SUBSTRATE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To improve the S/N of a detected energy intensity so as to accomplish accurate low-temperature measurement by preventing the incidence of the light in the wavelength region to be detected with a radiation thermometer to a measuring system.

CONSTITUTION: In a substrate temperature measuring method in which the temperature of a substrate 2 set in an isolated atmosphere is measured by heating the substrate 2 with the light of a lamp through a light transmitting window 3 and transmitting thermal radiation light to one end of an external fiber cable 12 after condensing the light through a light transmission body 6, and then, detecting the light transmitted to the other end of the cable 12 through the cable 12 by means of a detecting element 15 after selecting the wavelength of the light by means of a filter 14, it is contrived that the wavelength of the light introduced into the isolated atmosphere does not contain the wavelength of the light to be detected.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

特開平7-134069

(43) 公開日 平成 7 年(1995) 5 月23 日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

G01J 5/10

H01L 21/205

21/66

識別記号

E

庁内整理番号

T 7630-4M

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全11頁)

(21) 出願番号 特願平5-281249

(22) 出願日 平成 5 年(1993)11月10日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地

(72) 発明者 千葉 なつよ

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 西谷 英輔

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 内田 憲宏

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(74) 代理人 弁理士 武 顕次郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板温度のモニタ方法

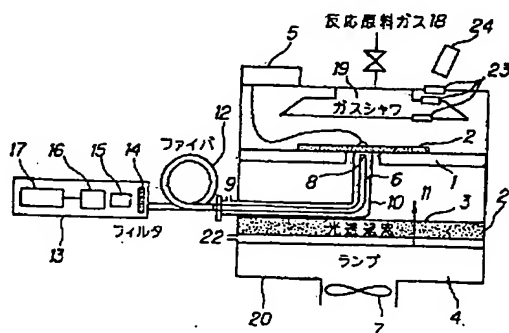
(57) 【要約】

【構成】 隔離された雰囲気内に設置された基板 2 をランプ光により光透過窓 3 を通して加熱し、加熱された基板からの熱放射光を導光体 6 で集光して外部のファイバケーブル 12 の一端に伝達させ、ケーブルの他端に伝送された光をフィルタ 14 により波長を選択し、検知素子 15 にて検知して温度を計測する基板の温度測定方法において、隔離された雰囲気内に導入される光の波長が、検知する光の波長を含まないようにする。

【効果】 放射温度計で検知しようとする波長領域の光を、測定系内に入れないことにより検知エネルギー強度の S/N 比を上げることができ、正確な低温度測定が可能となる。

【図 1】

本発明をCVD装置に適用した全体構成図



- |                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| 1: サセプタ                   | 13: Si 放射温度計           |
| 2: 基板                     | 14: フィルタ               |
| 3: 光透過窓                   | 15: Si フォトダイオード        |
| 4: ランプ                    | 16: アンプ                |
| 5: 温度表示ユニット               | 17: 温度表示ユニット           |
| 6: 導光体                    | 18: 反応原料ガス             |
| 7: 排風ファン                  | 19: ガスシャフ              |
| 8: 受光端部                   | 20: ランプハウス             |
| 9: パージ N <sub>2</sub> 導入口 | 21: 石英板                |
| 10: 管状カバー                 | 22: 圧入導入口              |
| 11: ランプ光                  | 23: GaF <sub>3</sub> 窓 |
| 12: ファイバケーブル              | 24: Hg-Cd-Te 放射温度計     |

## 5 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 隔離された雰囲気内に設置された基板をランプ光により光透過窓を通して加熱し、加熱された基板からの熱放射光を導光体で集光して外部のファイバケーブルの一端に伝達させ、該ファイバケーブルの他端に伝送された光をフィルタにより波長を選択し、検知素子にて検知して温度を計測する基板の温度測定方法において、

前記隔離された雰囲気内に導入される光の波長が、前記検知素子で検知する光の波長を含まないことを特徴とする基板温度のモニタ方法。

【請求項 2】 請求項 1 記載において、前記ランプ光の波長領域が、前記フィルタを介して前記検知素子で検知される波長領域を含まないことを特徴とする基板温度のモニタ方法。

【請求項 3】 請求項 1 記載において、前記光透過窓の透過波長域と前記フィルタの透過波長域とが重ならないことを特徴とする基板温度のモニタ方法。

【請求項 4】 請求項 1 記載において、測定温度の低温化を図るべく放射光の伝達ロスを抑えるために、前記導光体の直径が前記ファイバケーブルの直径より大きいことを特徴とする基板温度のモニタ方法。

【請求項 5】 請求項 1 記載において、測定温度の低温化を図るべく放射光の伝達ロスを抑えるために、前記導光体と前記ファイバケーブルとの接続が別の材料を介さずに両端面を直接接触させた接続構造とされたことを特徴とする基板温度のモニタ方法。

【請求項 6】 請求項 1 記載において、前記熱放射光を検知する検知素子が Si フォトダイオードであることを特徴とする基板温度のモニタ方法。

【請求項 7】 請求項 1 記載において、前記導光体を保護するために金属製管状のカバーを設けたことを特徴とする基板温度のモニタ方法。

【請求項 8】 請求項 1 記載において、測定温度の低温化を図るべく放射光の伝達ロスを抑えるために、前記ファイバケーブルの直径が 0.5 mm 以上であることを特徴とする基板温度のモニタ方法

【請求項 9】 請求項 1 記載において、測定温度の低温化を図るべく前記検知素子に入射する放射光量の低下を極力抑えるために、検知波長を選択する前記フィルタの透過波長半値幅が 101 nm 以上であることを特徴とする基板温度のモニタ方法。

【請求項 10】 請求項 1 記載において、前記導光体の直径が前記ファイバケーブルの直径よりも大きく、前記導光体と前記ファイバケーブルとの接続構造が両端面の直接接続によるものであり、また、前記ファイバケーブルの直径が 0.5 mm 以上であって、検知波長を選択する前記フィルタの透過波長半値幅が 1

01 nm 以上であることを特徴とする基板温度のモニタ方法。

【請求項 11】 基板をランプ光により光透過窓を通して加熱し、基板からの熱放射光を導光体で集光してファイバケーブルの一端に伝達させ、該ファイバケーブルの他端に伝送された光をフィルタにより波長選択して検知し温度を計測する基板の温度測定方法において、前記基板に照射される光の波長が、検知する光の波長を含まないことを特徴とする基板温度のモニタ方法。

【請求項 12】 請求項 11 記載において、前記ランプ光の波長分布が、前記フィルタにより選択されて検知される前記熱放射光の波長領域を含まないことを特徴とする基板温度のモニタ方法。

【請求項 13】 請求項 11 記載において、前記光透過窓の透過波長域と前記フィルタの透過波長域とが重ならないことを特徴とする基板温度のモニタ方法。

【請求項 14】 請求項 11 記載において、測定温度の低温化を図るべく放射光の伝達ロスを抑えるために、前記導光体の直径が前記ファイバケーブルの直径より大きいことを特徴とする基板温度のモニタ方法。

【請求項 15】 請求項 11 記載において、測定温度の低温化を図るべく放射光の伝達ロスを抑えるために、前記導光体と前記ファイバケーブルとの接続が別の材料を介さずに両端面を直接接触させた接続構造とされたことを特徴とする基板温度のモニタ方法。

【請求項 16】 請求項 11 記載において、前記熱放射光を検知する素子が Si フォトダイオードであることを特徴とする基板温度のモニタ方法。

【請求項 17】 請求項 11 記載において、前記導光体を保護するために金属製管状のカバーを設けたことを特徴とする基板温度のモニタ方法。

【請求項 18】 請求項 11 記載において、測定温度の低温化を図るべく放射光の伝達ロスを抑えるために、前記ファイバケーブルの直径が 0.5 mm 以上であることを特徴とする基板温度のモニタ方法

【請求項 19】 請求項 11 記載において、測定温度の低温化を図るべく熱放射光を検知する検知素子に入射する放射光量の低下を極力抑えるために、検知波長を選択する前記フィルタの透過波長半値幅が 101 nm 以上であることを特徴とする基板温度のモニタ方法。

【請求項 20】 請求項 11 記載において、前記導光体の直径が前記ファイバケーブルの直径よりも大きく、前記導光体と前記ファイバケーブルとの接続構造が両端面の直接接続によるものであり、また、前記ファイバケーブルの直径が 0.5 mm 以上であって、検知波長を選択する前記フィルタの透過波長半値幅が 101 nm 以上であることを特徴とする基板温度のモニタ

方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光加熱された基板（ウエハ）からの発光を検知する基板温度（ウエハ温度）のモニタ方法に係り、特に、半導体製造プロセスに用いて好適な基板温度のモニタ方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体製造プロセスでは、LSIの高集積化に対応して品質を管理する上で、製品の精密な温度管理が非常に重要である。例えば、成膜プロセスにおけるウエハ温度は、成膜速度および膜の特性を支配する重要な因子であり、プロセス再現性に大きく関与する。また、不純物をイオン注入した後のアニール処理においても、不純物を浅く拡散させ、浅い接合を形成するためには、ウエハの高精度な温度制御が必要である。

【0003】現在、半導体製造プロセスにおけるウエハの温度測定には、熱電対や放射温度計が使用されている。しかし熱電対は、被測定物に接触させる必要があり、ウエハ汚染を引き起こす可能性があつてウエハの直接計測には適さない。そこで、熱電対を用いる場合には、ウエハを載せるステージ等の温度を計測して管理温度としているが、ウエハ温度を直接計測している訳では無いので、低压プロセス時、あるいは、ステージ上に異物等のウエハとステージの密着性を低下させるものがある、ステージとウエハの熱伝達の悪い状況では、正確な温度計測は困難である。

【0004】一方、放射温度計は非接触に直接ウエハ温度を計測できるという点で、優れた計測手段である。この放射温度計を用いる計測手法では、ウエハ表面から放射される赤外線強度から、既知の表面の放射のし易さ（放射率）を加味してウエハの温度を算出する。しかしSiウエハの放射率は、図2に示すように波長と温度によって大きく変化する。すなわち同図から判るように、Siの吸収域である1.2μm以下の光の放射率は、温

$$\rho(\lambda) = 8\pi \cdot h \cdot c / [\lambda^5 \{ \exp(c \cdot h / k \cdot \lambda \cdot T) - 1 \}] \quad \cdots \cdots \textcircled{1} \text{式}$$

なお①式において、λは放射光波長、cは光の速度、hはPlanck定数、kはBoltzmann定数である。図3から明らかなように、放射面の温度が高いほど発光波長分布のピークは短波長側へシフトし、その放射エネルギー密度は大きくなる。例えば、プロセス温度350℃では、発光波長のピークは4.67μmでありその強度は1.59 erg/cm<sup>2</sup>であるが、測定波長0.86μmでの発光量は約2×10<sup>-6</sup> erg/cm<sup>2</sup>と極めて微弱である。これに対し、加熱ランプのフィラメント温度にあたる3400Kでのピーク波長は0.86μm、その強度は7800 erg/cm<sup>2</sup>である。従って、ウエハを透過しない放射光（0.86μm）をモニタしようとするとき、測定する放射エネルギー強度はシグナルとノイズとで10<sup>6</sup>倍の差が生じる。なお、ランプ光を直接測定す

度に依存しないが、1.2μm以上でSiウエハの透過波長域の放射率は、温度に大きく依存する。従って、1.2μm以上の光を検知するような検知素子を用いた場合、放射率が温度によって変化するために、正確な温度計測が困難である。また、ウエハ裏面からの放射光をウエハ透過域にあたる検知波長域で測定した場合には、ウエハ表面のパターンや膜質の違いによって検知光量が異なり、温度表示が異なってしまうという問題点があった。

【0005】上記問題点を解決するためには、ウエハ吸収域の光（波長1.2μm以下の光）を検知する素子が有用である。公知のSiフォトダイオード放射温度計は、検知波長域が0.5～1.2μmであり測定波長としては適切であるが、短波長であるために、通常CVD（Chemical vapor deposition）等で用いられるプロセス温度300℃～500℃ではその放射光量が極めて少なく、低温の計測が困難であった。

【0006】なお、この種の放射温度計を用いたウエハ温度のモニタ手法の従来技術としては、特開平4-130746号公報に開示された技術が挙げられ、この先願においては、ウエハ近傍に放射光を効率良く受光し検出素子へと伝達する導光体を設置することで、測定下限の低下を図るようにしている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、半導体製造プロセスでウエハ裏面をランプ加熱する場合、ランプ光の波長領域が迷光となるが、上記した先願による従来技術では、ウエハを透過しない波長の光を用いて低温度測定を行う際の、検知する迷光量に起因するノイズ量の低減については配慮がなされておらず、測定時のS/N比が小さいという問題があった。

【0008】ここで、温度Tにおける黒体の放射エネルギー密度ρ(λ)は、次の①式で表わされるPlanckの輻射式に従い、例えば図3に示す如きものになる。

【0009】

る訳でないで、実際に10<sup>6</sup>倍の差が生じるわけではないが、測定に際してはノイズ対策が必要となる。

【0010】本発明は上記の点に鑑みなされたもので、その目的とするところは、基板（ウエハ）からの微小な放射光をノイズの影響なしに検知し、正確な低温度測定を可能とすることにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的は、基板（ウエハ）に照射するランプ光から、温度を計測するために検知する放射光の波長域を除くことによって達成される。

【0012】またこのことは、予め検知する光を含まない光源を用いることのみならず、光源とウエハの間に、検知する光を取り除くフィルタ（例えばフィルタ機能をもつ光透過窓）を導入することによっても達成される。

## 【0013】

【作用】図1に、基板（ウエハ）の温度を測定する系の概略を示した。基板2はランプ光により加熱されており、基板2からの放射光は基板2の裏面に近接して配設された石英ロッドの導光体6によりチャンバ外に伝達され、ファイバ12を介してフィルタ14に入射する。ここで検知されるべき波長の光のみが選択され、センサ15がこれを検知しその光エネルギーが温度に変換される。

【0014】図4に、400℃と350℃の黒体の放射エネルギー密度 $I_r(\lambda)$ の波長依存性を示す。放射温度計でこの黒体の温度を計測しようとする時、なるべく広範囲の波長にわたる放射光を検知素子（センサ）で受光することが、より低温度領域までの測定を可能とする。図5に、Siセンサ（Siフォトダイオード）15の検出特性 $K(\lambda)$ と、フィルタ14の透過特性 $T_f(\lambda)$ と、これらの積で表される上記Siセンサおよびフィルタを用いた放射温度計の受光特性 $K(\lambda) \times T_f(\lambda)$

$$\text{検知エネルギー強度 } I_s = \int \{I_s(\lambda)\} d\lambda$$

$$= \int \{I_r(\lambda) \cdot K(\lambda) \cdot T_f(\lambda)\} d\lambda \quad \cdots \cdots \text{②式}$$

で表わされる。

【0016】フィルタBを用いて400℃の黒体の放射エネルギーを検知した時の検知エネルギー強度と、フィルタAを用いて350℃の黒体の放射エネルギーを検知した時の検知エネルギー強度を比較すると、後者の方がその値は大きい。温度が低い場合に於いても、検知波長域を広げることで検知するエネルギー強度を高めることが可能であり、より低温度までの測定が可能となる。

【0017】しかし一方、検知波長領域を広げるということは、基板からの熱放射（シグナル）以外の余分な光（ノイズ）をも検知素子へ取り込み易くなることを意味する。そこで、余分な光を検知させない工夫が必要となる。

【0018】図7の（a）にハロゲンランプ光の照射エネルギー密度 $I_l(\lambda)$ の波長依存性を示す。ランプ光の

$$\text{ノイズ強度 } I_n = \int \{I_l(\lambda) \cdot T_w(\lambda) \cdot K(\lambda) \cdot T_f(\lambda)\} d\lambda \quad \cdots \cdots \text{③式}$$

ここで、光透過窓材の透過特性 $T_w(\lambda)$ とSiセンサ前のフィルタの透過特性 $T_f(\lambda)$ とに重なりのないように、光透過窓材の透過特性 $T_w(\lambda)$ を選んでいるので、ノイズ強度 $I_n(\lambda)$ は図8に示すようになり、その積分値はゼロに等しくなる。これにより、高S/N比

【0020】なお上述の説明では、図5の（b）におけるフィルタ透過特性Aと重なりを持たない光透過窓材を用いた場合について述べたが、フィルタ透過特性Bを有するフィルタ（フィルタB）を用いて放射エネルギーを検知しようとする場合には、当然ながら、フィルタ透過特性Bと重なりを持たない光透過窓材の使用がノイズレベルの低減に有用である。

## 【0021】

【実施例】以下、本発明の各実施例を説明する。

とを示す。図5の（b）に示すフィルタ透過特性A（フィルタA）は、図4に示した放射エネルギー密度をなるべく広範囲にわたって透過可能なように、放射エネルギー密度の増え始める800nmからSiウエハの吸収端波長までを透過させる。これに対し、図5の（b）に示すフィルタ透過特性B（フィルタB）は、900nmから1000nmまでの波長範囲が透過可能である。

【0015】図5の（c）に示したような受光特性 $A'$ 、 $B'$ をそれぞれ持つSi放射温度計を用いて、400℃と350℃の黒体の放射エネルギーを検知した場合のSi放射温度計のSiセンサが検知する検知エネルギー密度を図6に示す。検知エネルギー密度 $I_s(\lambda)$ は、放射エネルギー密度 $I_r(\lambda)$ とSi放射温度計の受光特性 $K(\lambda) \times T_f(\lambda)$ との積で表される。そして、温度に換算される検知エネルギー強度 $I_s$ は、検知エネルギー密度 $I_s(\lambda)$ を波長で積分したものとなる。すなわち、

20 照射エネルギー密度は、前述したように丁度Siセンサの検知波長域にその極大値を持ち、しかも350℃の黒体の放射エネルギー密度の10倍の強度で有する。このため、通常の石英窓を用いて全てのランプ光を透過させると、ランプ光が強い迷光となって正確な温度計測は困難である。そこで、光透過窓材の透過率特性 $T_w(\lambda)$ を、図5の（b）で示したフィルタ透過特性Aにおける透過域を透過させない特性とし、図7の（b）のような特性もつものに設定する。このようにして得られるランプ光の入射エネルギー密度 $I_l(\lambda) \times T_w(\lambda)$ は、図7の（c）に示すようになる。これを図5の（c）の $A'$ に示した受光特性を持つSi放射温度計で検知すると、Si放射温度計のSiセンサに入射するノイズ強度 $I_n$ は、次の③式のように表される。

## 【0019】

【0022】〈第1実施例〉本実施例は、CVD装置における基板（ウエハ）温度のモニタ方法への適用例であり、図1は本実施例による基板温度のモニタ方法が適用されるCVD装置の概略構成図である。同図に示すように、チャンバ内の厚み5mmのSiC製のサセプタ1上に、温度評価用の基板2を設置し、基板裏面から基板2の径よりも大きな径を有する光透過窓3を通して、ハロゲンランプ4の発光で基板2を加熱するようにした。温度評価用の基板2は、Siベアウエハに0.076mmのアルメル・クロメル熱電対をセラミックスボンダで貼付けたもので、この熱電対の出力はチャンバ上部に設置した温度表示ユニット5に送出され、温度表示 $T_t$ として参考までに示されるようにした。

【0023】本発明による基板（ウエハ）温度のモニタ方法を実施するために、基板2の裏面近傍には導光体6

の受光端部8が位置付けられている。この導光体6は直径1.5mmの石英ロッドを1回曲げて略L字形に形成され、受光端部8がCVDの原料ガスや反応生成ガス

(図示せず)に接触することを防ぐために、パージN<sub>2</sub>ガスの導入口9の付いたステンレス製の管状のカバー10により保護されている。また、この管状のカバー10は温度測定ノイズとなるランプ光11が導光体6(石英ロッド)の側面より入射することを防ぐ働きがある。導光体6のチャンバ外へ導出された端部は、直径1mmのファイバークーブル12に直接接続され、これにより基板2からの放射光は、Si放射温度計13に伝送される。そして、Si放射温度計13内のフィルタ14により波長を選択された放射光は、Siフォトダイオード(Siセンサ)15で検出され、アンプ16で増幅後、温度表示T<sub>1</sub>として温度表示ユニット17に示される。なお、放射光の伝達ロスを極力抑えるために、上記したように導光体(石英ロッド)6の径をファイバークーブル12よりも大きくすること、並びに、導光体6とファイバークーブル12の端面同士を直接接触させた接続構造とすることが有用である。また、ファイバークーブル12の径は、導光体6の径との兼ね合いもあるが、許容される範囲で太くすることが放射光の伝達ロスを抑える上で望ましく、ファイバークーブル12の直径は少なくとも0.5mm以上を確保するようにされる。

【0024】また、本発明のフィルタ14およびSiセンサ15を用いた放射温度計13と比較するために、従来から低温測定用の放射温度計として知られているHg-Cd-Teセンサを用いた放射温度計24も設置してある。なお、公知のようにCVDの反応原料ガス18は、基板2の表面にガスシャワ19により供給される。

【0025】本発明のポイントは、チャンバ内に導入されたランプ光11と、放射温度計13に取り込む放射光(図示せず)の波長のオーバーラップを無くすることにある。これを実現するようにした本実施例における、光透過窓3の透過特性と放射温度計13のフィルタ14の透過特性とを図9に示した。本実施例のフィルタ14は、直径6mm、厚み2.4mmの干渉フィルタであり、また、光透過窓3は、石英基板上に多層膜をコーティングしたもので、直径240mm、厚み10mmである。なお本実施例では、ランプ光11の熱による光透過窓3の劣化を防止するため、図1に示すように、ハロゲンランプ4には排風ファン7を取付けてランプハウス20を冷却するとともに、窓材とランプとの間に石英板21で囲まれた領域を作り、ここに圧空導入口22より圧空を流して光透過窓3の冷却を行うようにしている。

【0026】上記した光透過窓3を挿入した効果を、図10に示す。窓材を従来の石英窓材と多層膜をコーティングした窓材にした場合とで、基板(ウエハ)の温度測定性能の違いを評価した。ランプ光照射を開始し、熱電対の読み(前記表示温度T<sub>1</sub>)と放射温度計13の読み

(前記表示温度T<sub>2</sub>)とを同時に記録した。従来の石英窓材を用いた方法では、400℃以下はノイズに埋もれてしまい正確な計測は不可能であったが、光カット領域を設けた本実施例の窓材(本実施例の光透過窓3)を用いた場合には、測定下限は300℃まで下がり、高S/N化の効果が確認された。なお、300℃は本実施例の放射温度計13の最低表示温度であり、温度計の表示を下げる事が出来ればさらなる低温測定の可能性がある。

【0027】図10の測定は、放射温度計13の放射率を一定の値0.63に固定して行ったものである。なお、Siの透過域の波長の光を検知波長とした場合には、放射率は温度に大きく依存した。いま、0.9μmを検知光としたと仮定し、放射率の変化を、図10のデータに基づき計算した。Siセンサ15で検知し表示温度に変換される放射エネルギー密度は、真の温度での放射エネルギー密度に真の放射率を掛け合わせたものである。すなわち、放射温度計13の表示温度をT<sub>2</sub>とし、この時に設定した放射率をε<sub>2</sub>とし、実測した基板温度をT<sub>1</sub>、真の放射率をε<sub>1</sub>とすると、次の④式のように表される。

【0028】

$$\epsilon_2 \times \rho(T_2) = \epsilon_1 \times \rho(T_1) \quad \cdots \cdots \text{④式}$$

但し、④式においてρ(T)は、前述したPlanckの輻射式(前記①式)より計算される温度Tにおける放射エネルギー密度である。

【0029】上記したように、0.9μmを検知光として計算した結果を図11に示した。300℃から500℃の範囲において、0.9μmの放射光は温度依存が殆どないが、同様にHg-Cd-Te放射温度計24を用いて計測した値より求めた10μmの放射光の放射率は、温度に大きく依存し約1.5倍の変化を示した。

【0030】Si放射温度計13を用いた場合と、Hg-Cd-Te放射温度計24を用いた場合との、放射温度計の表示温度と真の値との比較を図12に示した。図12の(b)に示すように、Hg-Cd-Te放射温度計24(検知波長10μm)では、放射率の温度依存性の影響を受けて表示が真の値からずれてしまい、広範囲における温度計測が困難であったのに対し、図12の

(a)に示すように、本実施例のSi放射温度計13(検知波長0.9μm)を用いた場合には、広範囲にわたり正確な温度計測が可能であることが確認された。

【0031】次に、種々の膜を堆積したウエハの温度を計測した結果を図13に示す。従来より用いられているHg-Cd-Te放射温度計24(検知波長10μm)では、図13の(b)に示すように、Siウエハの透過光の影響により、ウエハ表面の材質によって表示温度が異なってしまうという問題点があったが、検知波長0.9μmの本実施例のSi放射温度計13を用いた場合、ウエハ種によらず300℃から500℃の範囲において

± 5℃の誤差範囲内での温度計測が可能であることが確認された。

【0032】(第2実施例)次に、ランプアニール装置への適用例を、本発明の第2実施例として説明する。図14は、本実施例による基板(ウエハ)温度のモニタ方法が適用されるランプアニール装置の概略構成図である。装置構成は前述した図1のCVD装置とほぼ同じであるので、異なる点のみを記述する。ランプアニール装置では、基板温度の急激な昇降が必要であり、このため、基板(ウエハ)2はランプ光11が直接当たるようにリング状の石英製サセプタ1にウエハ周辺部で支えられ設置される。サセプタ1には、サセプタ温度測定用に1mmφのアルメル・クロメル熱電対25を導入し、これにより温度表示ユニット26にてサセプタ温度が温度表示T<sub>c</sub>として測定表示可能となっている。ここで、ランプアニール装置では例えば室温から1200℃までの広範囲の温度制御を行う。このため、熱放射光は指数関数的に増加するので、一つの温度計で全ての温度領域を測定することは難しい。そこで、本実施例ではSiセンサ15の前にNDフィルタ27を挿入し、広範囲の測定

を可能とした。

【0033】図15に、ランプ4にて基板(ウエハ)温度を急激に変化させた際の、放射温度計13の読み(温度表示T<sub>r</sub>)と、サセプタ温度(温度表示T<sub>c</sub>)と、基板2上の熱電対の読み(温度表示T<sub>1</sub>)とを示した。1分でプロセス温度900℃まで上げると、放射温度計13が最も応答が早く、ついで基板上熱電対の読み、サセプタ上熱電対の読みの順で応答性が鈍る。また、降温時の応答性も同様の順序であった。ここで、ランプ4の温度はランプ点灯後数秒で900℃程度に上がり、通常、加熱初期の放射温度計はその迷光のために表示温度が高くなるが、本実施例においてはそのような影響は観測されなかった。

【0034】(第3実施例)図16に、メタルハライドランプの発光波長分布を示す。これを用いて基板を加熱し、2μmの放射光を検知するPbSセンサで基板温度を測定した。図16に示すように、メタルハライドランプには2μmの発光はないため、通常の石英窓を光透過窓として使用した際にも、迷光の影響は無い。しかも、検知波長が0.9μmに比較して長いために検知する放射光量が多くなり、80℃までの低温測定が可能であった。

#### 【0035】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、放射温度計で検知しようとする波長領域の光を、測定系内に入れないようにしているので、検知エネルギー強度のS/N比を上げることができ、正確な低温測定が可能となり、半導体製造プロセスにおける高精度な温度制御に大いに貢献する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例に係る基板(ウエハ)温度の測定方法が適用されるCVD装置の構成図である。

【図2】Si分光放射率の温度依存性を示す線図である。

【図3】Planckの黒体放射の式に基づいて算出される各温度における放射エネルギー密度の波長依存性を示す線図である。

【図4】400℃と350℃とにおける放射エネルギー密度の波長依存性を示す線図である。

【図5】(a)はSiセンサの検出特性を示す線図であり、(b)はフィルタの透過特性を示す線図であり、(c)はSi放射温度計の受光特性を示す線図である。

【図6】図5に示す受光特性のSi放射温度計による400℃と350℃の黒体の放射光の検知エネルギー密度を示す線図である。

【図7】(a)はランプ光の照射エネルギー密度の波長依存性を示す線図であり、(b)は光透過窓材の透過率特性を示す線図であり、(c)は光透過窓材を通ったランプ光の入射エネルギー密度の波長依存性を示す線図である。

【図8】ノイズ強度の図5に示したSi放射温度計による検知エネルギー密度を表わす線図である。

【図9】本発明の第1実施例で用いたフィルタの透過特性と光透過窓材の透過特性とを示す線図である。

【図10】本発明の第1実施例において光透過窓材の透過波長領域を限定した効果を示す線図である。

【図11】本発明の第1実施例によるSi放射温度計(0.9μm)と従来のHg-Cd-Te放射温度計(10μm)を用いた場合の放射率の温度依存性を対比して示す線図である。

【図12】(a)は本発明の第1実施例によるSi放射温度計(0.9μm)を用いたウエハ温度の計測値と真の値とを示す線図であり、(b)は従来のHg-Cd-Te放射温度計(10μm)を用いたウエハ温度の計測値と真の値とを示す線図である。

【図13】(a)は本発明の第1実施例によるSi放射温度計(0.9μm)を用いた種々のウエハ温度の計測値を示す線図であり、(b)は従来のHg-Cd-Te放射温度計(10μm)を用いた種々のウエハ温度の計測値を示す線図である。

【図14】本発明の第2実施例に係る基板(ウエハ)温度の測定方法が適用されるランプアニール装置の構成図である。

【図15】本発明の第2実施例によるSi放射温度計によるウエハ温度の測定結果と、他の手法による温度測定結果とを対比して示す線図である。

【図16】本発明の第3実施例で用いたメタルハライドランプの発光分布を示す線図である。

【符号の説明】

11

12

- 3 光透過窓
- 4 ランプ
- 6 導光体 (石英ロッド)
- 10 管状のカバー
- 11 ランプ光

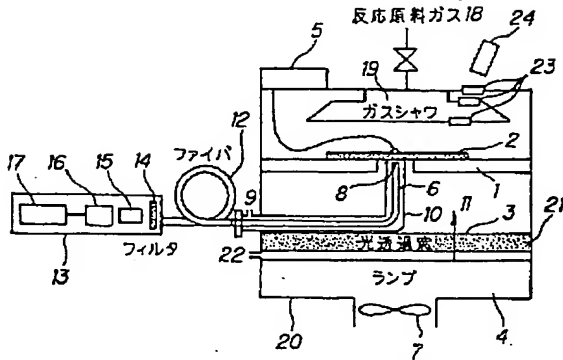
- 12 ファイバケーブル
- 13 Si放射温度計
- 14 フィルタ
- 15 Siフォトダイオード

【図1】

【図3】

【図1】

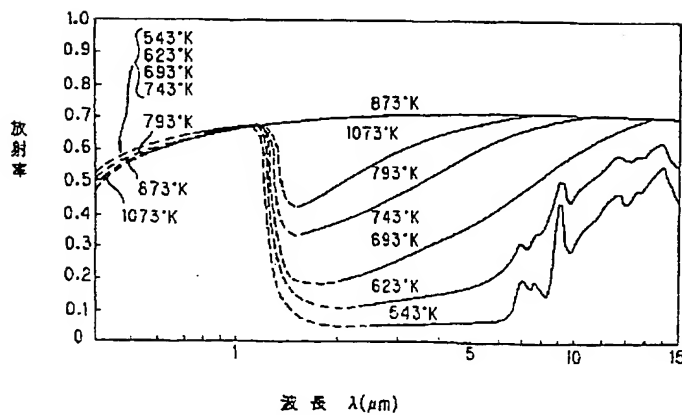
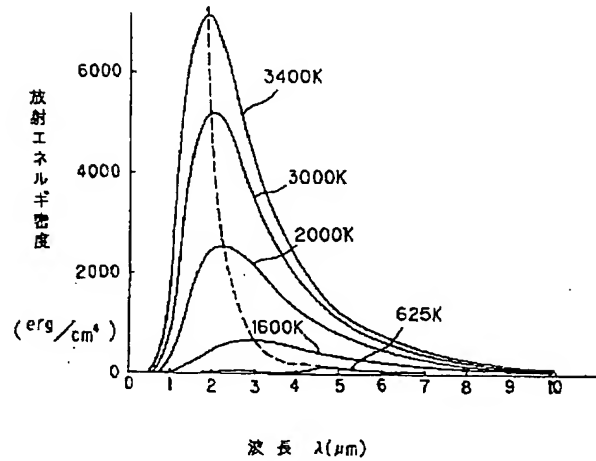
本発明をCVD装置に適用した全体構成図



- |                          |                        |
|--------------------------|------------------------|
| 1: セセブタ                  | 13: Si放射温度計            |
| 2: 基板                    | 14: フィルタ               |
| 3: 光透過窓                  | 15: Siフォトダイオード         |
| 4: ランプ                   | 16: アンブ                |
| 5: 温度表示ユニット              | 17: 温度表示ユニット           |
| 6: 導光体                   | 18: 反応原料ガス             |
| 7: 排風ファン                 | 19: ガスシャワ              |
| 8: 受光部                   | 20: ランプハウス             |
| 9: パージN <sub>2</sub> 導入口 | 21: 石英板                |
| 10: 管状カバー                | 22: 圧空導入口              |
| 11: ランプ光                 | 23: BaF <sub>2</sub> 窓 |
| 12: ファイバケーブル             | 24: Hg-Cd-Te放射温度計      |

【図2】

Si分光放射率の温度依存性

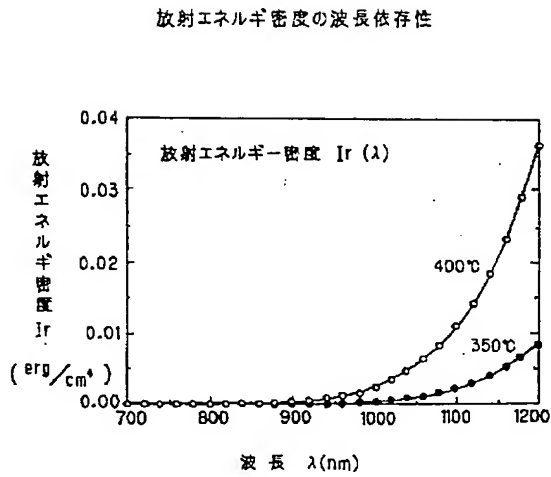
種々の温度における放射エネルギー密度の  
発光波長依存性

【図2】



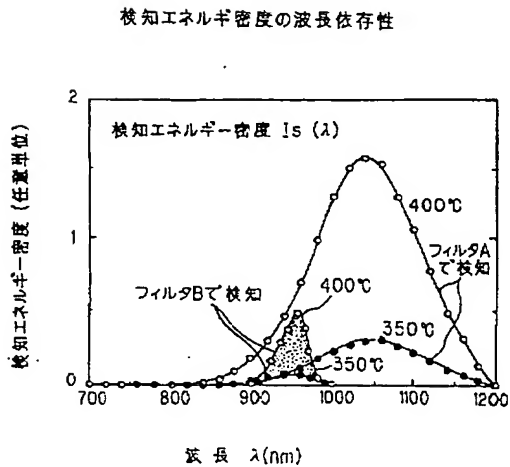
【図 4】

【図 4】



【図 6】

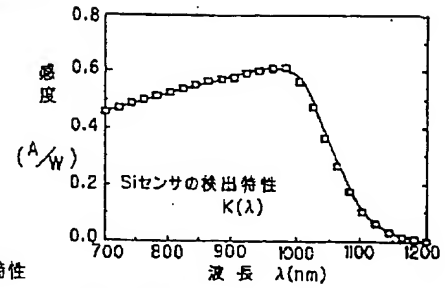
【図 6】



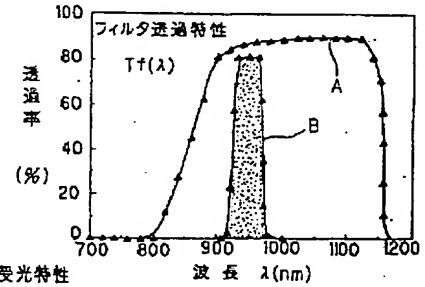
【図 5】

【図 5】

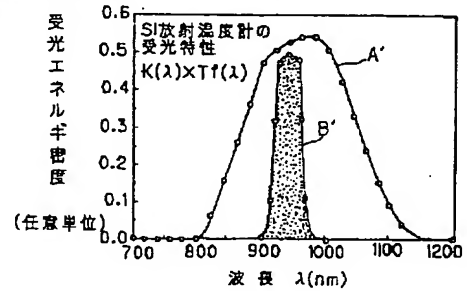
(a) Siセンサの検出特性



(b) フィルタの透過特性



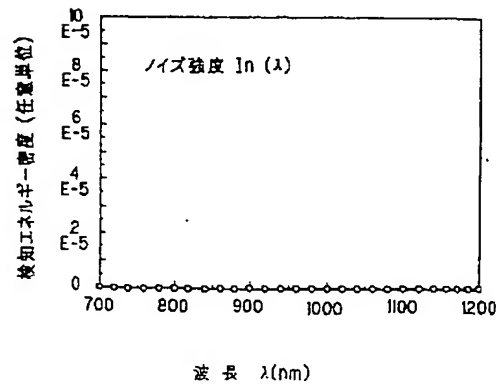
(c) Si放射温度計の受光特性



【図 8】

【図 8】

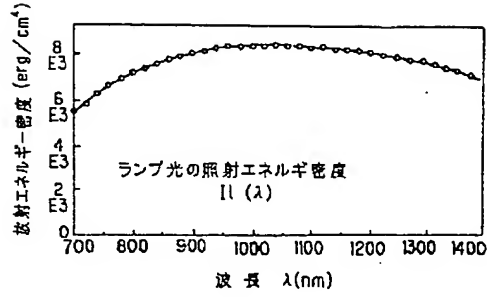
ノイズ強度の検知エネルギー密度の波長依存性



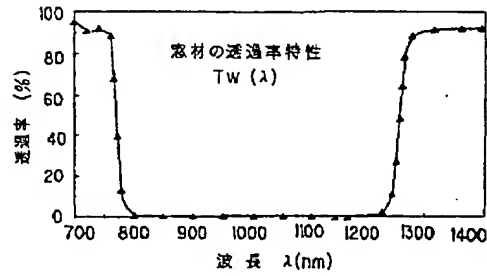
【図 7】

【図 7】

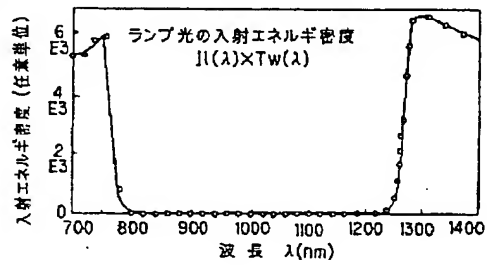
(a)  
ランプ光の照射  
エネルギー密度の  
波長依存性



(b)  
光透過窓の  
透過率特性



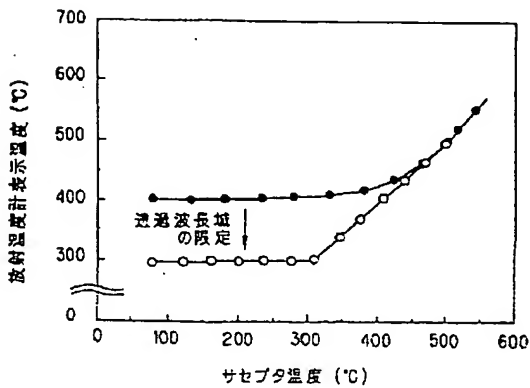
(c)  
ランプ光の入射  
エネルギー密度の  
波長依存性



【図 10】

【図 10】

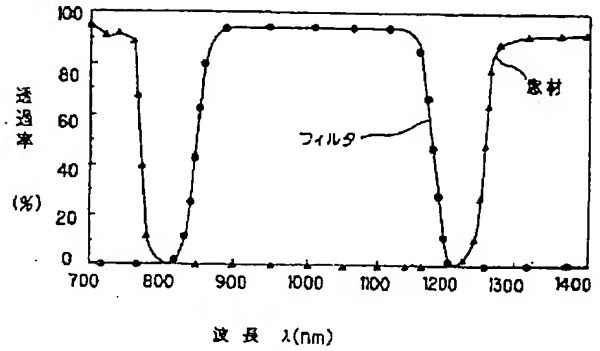
光透過窓の透過波長を限定した効果



【図 9】

【図 9】

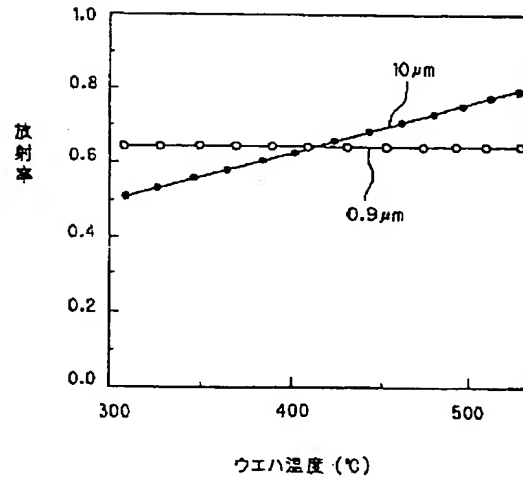
光透過窓とフィルタの透過特性



【図 11】

【図 11】

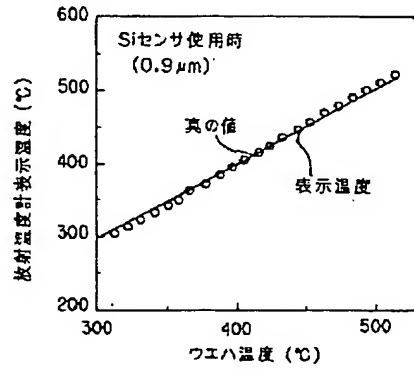
Siウエハの放射率の温度依存性



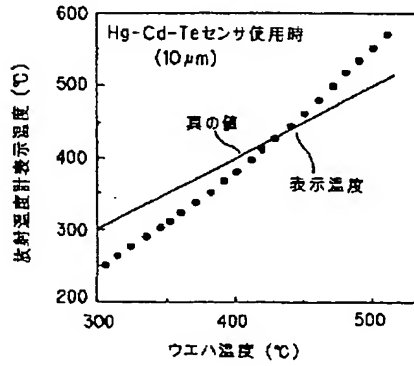
【図 1 2】

【図 1 2】

(a) Siセンサを用いた温度計測値



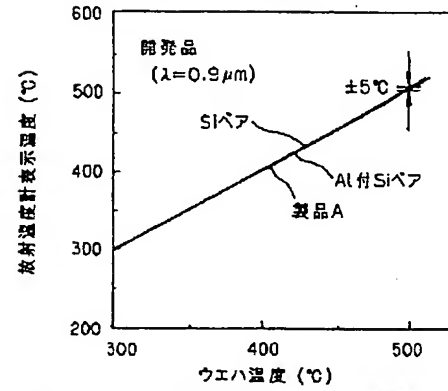
(b) Hg-Cd-Teセンサを用いた温度計測値



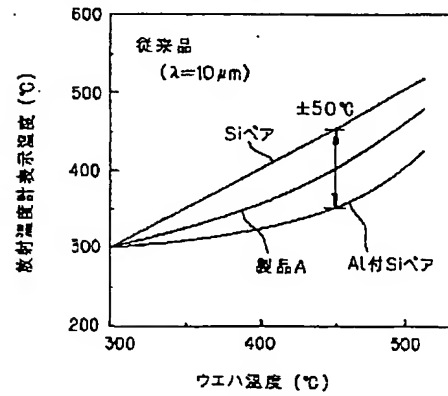
【図 1 3】

【図 1 3】

(a) Siセンサを用いた種々ウェハの温度計測値



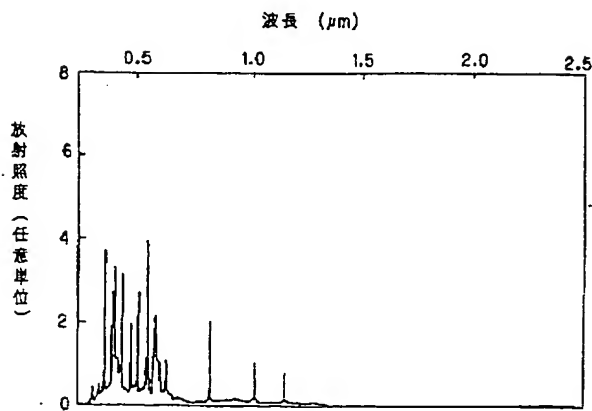
(b) Hg-Cd-Teセンサを用いた種々ウェハの温度計測値



【図 1 6】

【図 1 6】

メタルハライドランプの発光分布

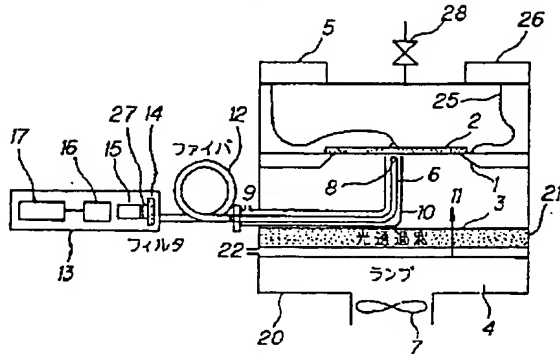


【図 14】

【図 15】

【図 14】

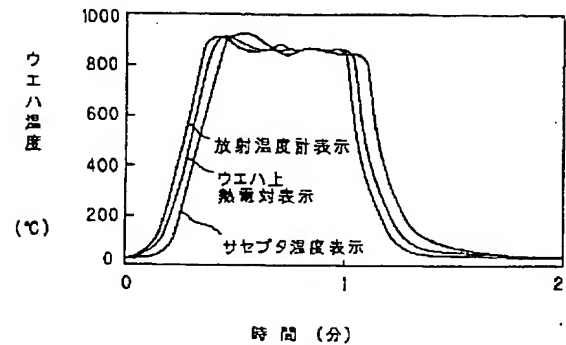
ランプアニール装置に適用した全体構成図



- 25 : 熱電対  
 26 : 温度表示ユニット  
 27 : NDフィルタ  
 28 : N<sub>2</sub>ガス導入バルブ

【図 15】

ランプアニール装置におけるウエハ温度測定結果



フロントページの続き

- (72)発明者 小林 秀  
 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
 式会社日立製作所生産技術研究所内
- (72)発明者 渡辺 智司  
 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日  
 立製作所機械研究所内